

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-186086

(43) 公開日 平成6年(1994)7月8日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 J 9/02		9215-2G		
H 0 1 L 21/027				
H 0 1 S 3/1055		8934-4M		
		7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 1 1 S

審査請求 未請求 請求項の数4(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平4-355013

(22) 出願日 平成4年(1992)12月17日

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所  
東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 若林 理

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(72) 発明者 小林 諭樹夫

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(72) 発明者 小若 雅彦

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

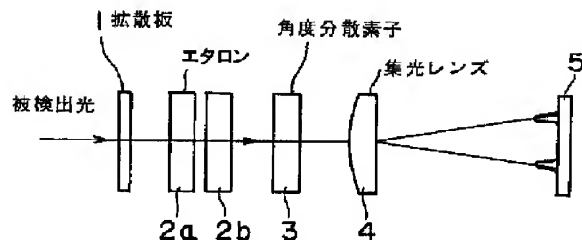
(74) 代理人 弁理士 橘爪 良彦

(54) 【発明の名称】 波長検出装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 干渉縞の検出および波長の計算に要する時間を短くでき、高速制御に対応できる狭帯域エキシマレーザ装置の波長検出装置を提供すること。

【構成】 被検出光を拡散板1に入射透過させる手段と、散乱光をエタロン2に入射透過させる手段と、エタロンを透過した光を角度分散素子3を透過または反射させる手段と、角度分散素子3を透過または反射した光を集光レンズ4に入射透過させる手段と、集光レンズ4の焦点面に発生する干渉縞を検出する手段と、干渉縞に基づいて出力レーザ光の波長を計算する手段を備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検出光を拡散板に入射透過させる手段と、散乱光をエタロンに入射透過させる手段と、エタロンを透過した光を角度分散素子を透過または反射させる手段と、角度分散素子を透過または反射した光を集光レンズに入射透過させる手段と、集光レンズの焦点面に発生する干涉縞を検出する手段と、干涉縞に基づいて出力レーザ光の波長を計算する手段を備えたことを特徴とする波長検出装置。

【請求項2】 波長選択素子を備えた狭帯域レーザにおいて、出力レーザ光の一部をサンプルする手段と、サンプル光を拡散板に入射透過させる手段と散乱光をエタロンに入射透過させる手段と、エタロンを透過した光を角度分散素子を透過または反射させる手段と、角度分散素子を透過または反射した光を集光レンズに入射透過させる手段と、集光レンズの焦点面に発生する干涉縞を検出する手段と、干涉縞に基づいて出力レーザ光の波長を計算する手段と、出力レーザ光の波長と設定波長の偏差を計算して、波長選択素子の選択波長を制御する手段を備えたことを特徴とする波長検出装置。

【請求項3】 角度分散素子としてプリズムまたは透過型または反射型グレーティングを使用した請求項1または請求項2記載波長検出装置。

【請求項4】 出力レーザ光の波長を計算する手段として干涉縞の半径および中心位置に基づいて出力レーザ光の波長を計算する手段を備えた請求項1または請求項2または請求項3記載波長検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は波長検出装置に係わり、特に、半導体露光装置の光源として使用される狭帯域エキシマレーザ装置の波長の安定化させる波長検出装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、狭帯域エキシマレーザの波長検出器として、図8に示すようにレーザ出力光を再度ビームスプリッタ101でサンプルし、サンプルしたサンプル光(L)を拡散板103で散乱させてからコースエタロン105a、105bと集光レンズ107を透過させ、コースエタロン105a、105bにより発生する干涉縞(A)をラインセンサ109で検出し、その干涉縞(A)から大きな波長間隔を検出していた。また、同様に全反射ミラー111でサンプル光を反射し、拡散板113で散乱させてからファインエタロン115a、115bと集光レンズ117を透過させ、ファインエタロン115a、115bにより発生する干涉縞(A)をラインセンサ109で検出し、その干涉縞(B)から細かい波長間隔を検出していた。

【0003】 ここで、一方のファインエタロン115は他方のコースエタロン105よりもミラー間の間隔を広

くして、フリースペクトラルレンジ〔 $FSR = \lambda^2 / (2nd)$ 〕を小さくしている。この理由については、エタロンのフィネス(F)がエタロンの面精度および平行度によって決定されるために、所定以上のフィネスのエタロンが製作できないためである。従って、波長の検出精度を高くするためにはエタロンの分解能( $R = FSR / F$ )を良くする必要があるが、フリースペクトラルレンジを小さくしている。ところが、このフリースペクトラルレンジの小さなファインエタロン115では波長の詳細な動きを検出できるが、被検出光の波長がフリースペクトラルレンジの倍数で変化すると全く同じ干涉縞となるために、大きな波長の変化を検出することができなかった。そのため、もう一方のフリースペクトラルレンジの大きなコースエタロン105により被検出光の波長の大きな動きを検出し、被検出光の波長を計算していた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、二つのモニタエタロンにより発生した二つの干涉縞を二つのラインセンサで検出する場合、次のような問題が発生している。

(1) 二つのラインセンサから、その両干涉縞のデータを解析して波長を計算するのは非常に時間を要し、高速制御に対応出来ない。

(2) 二つのエタロンとその光学系およびラインセンサが必要なために大きなものとなっている。

(3) 波長検出装置のコストが高い。  
という問題がある。

【0005】 本発明は上記問題に鑑みたもので、波長検出装置に係わり、干涉縞の検出および波長の計算に要する時間が短くなり、高速制御に対応できる狭帯域エキシマレーザ装置の波長検出装置の改良を目的としている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 そのために本発明の第1発明では、被検出光を拡散板に入射透過させる手段と、散乱光をエタロンに入射透過させる手段と、エタロンを透過した光を角度分散素子を透過または反射させる手段と、角度分散素子を透過または反射した光を集光レンズに入射透過させる手段と、集光レンズの焦点面に発生する干涉縞を検出する手段と、干涉縞に基づいて出力レーザ光の波長を計算する手段を備えている。

【0007】 第2の発明では、波長選択素子を備えた狭帯域レーザにおいて、出力レーザ光の一部をサンプルする手段と、サンプル光を拡散板に入射透過させる手段と散乱光をエタロンに入射透過させる手段と、エタロンを透過した光を角度分散素子を透過または反射させる手段と、角度分散素子を透過または反射した光を集光レンズに入射透過させる手段と、集光レンズの焦点面に発生する干涉縞を検出する手段と、干涉縞に基づいて出力レーザ光の波長を計算する手段と、出力レーザ光の波長と設

定波長の偏差を計算して、波長選択素子の選択波長を制御する手段を備えている。

【0008】第1の発明または第2の発明を主体とする第3発明では、角度分散素子としてプリズムまたは透過型または反射型グレーティングを使用している。

【0009】第1の発明または第2の発明または第3の発明を主体とする第4発明では、出力レーザ光の波長を計算する手段として干渉縞の半径および中心位置に基づいて出力レーザ光の波長を計算する手段を備えている。

【0010】

【作用】上記の構成によれば、被検出光を拡散板に入射透過させる手段と散乱光をエタロンに入射透過させ、エタロンを透過した光を角度分散素子に透過または反射させ、角度分散素子を透過または反射した光を集光レンズに入射透過させ、その集光レンズの焦点面に発生する干渉縞を検出し、干渉縞に基づいて出力レーザ光の波長を計算している。

【0011】この本発明の原理を図1に示す。被検出光は拡散板1を透過し散乱される。この散乱した光はエタロン2a、2bに入射して、被検出光の波長に対応する角度の光を透過して、角度分散素子3に入射する。それらの光は角度分散素子3により、被検出光に対応する波長の角度分散素子3を透過する。そして、これらの光は集光レンズ4を透過して、集光レンズ4の焦点面に干渉縞が発生する。この干渉縞をラインセンサ5で検出する。

【0012】次に、図9はファブリペロ干渉計（モニタ\*

$$r = f \theta = f (\lambda / n d)^{1/2} \times (m_0 - m)^{1/2}$$

となり、 $c = f^2 \cdot \lambda / (n d)$  として (5) 式の両辺を2乗すると、

$$【数6】 r^2 = c (m_0 - m)$$

となる。(図9(b)を参照)

【0015】ここで、p番目とp+1番目のピークを考えると、(6)より、

【数7】

$$c = c (m_{p+1} - m_p) = r_{p+1}^2 - r_p^2$$

となる。また、(2)式において整数mを波長λで微分すると、

【数8】

$$\Delta \lambda = (\lambda^2 / 2 n d) \cdot \Delta m = FSR \cdot \Delta m$$

となる。ただし、 $FSR = (\lambda^2 / 2 n d)$  は、エタロン6のフリースペクトルレンジである。

【0016】ここで、(8)式に(6)式を代入すると、

$$【数9】 \Delta \lambda = FSR \cdot r^2 / c$$

となる。ここで、 $m = m_0$ の時の波長をλ<sub>0</sub>とすると、求める波長λは(9)から、

$$【数10】 \lambda = \lambda_0 - FSR \cdot r^2 / c$$

として得られる。

【0017】ここで、(10)式は、波長λが干渉縞

\*エタロン)の原理を示すものであり、本発明を理解し易くするために説明する。なお、以下では、式において、XのN乗(X<sup>N</sup>)を表すとき、X<sup>N</sup>と表示する。図9(a)に示すように光Lがミラー間隔dのエタロン2に入射角度θを持って入射され、エタロン2、集光レンズ4を透過すると集光レンズ4から焦点距離fだけ離れた検出面上に光Lの干渉縞(C)が形成される。エタロンの基本式は、

$$【数1】 2 n d \cdot \cos \theta = m \lambda$$

である。ここで、エタロンの基本式(1)で、角度θ=0の時のmをm<sub>0</sub>、波長をλ<sub>0</sub>とすると、

$$【数2】 2 n d = m_0 \cdot \lambda_0$$

となる。

【0013】ここで、(2)式-(1)式を行い、これに半角公式[ $\cos \theta = 1 - 2 \sin^2 (\theta / 2)$ ]を適用すると、

【数3】

$$2 \sin^2 (\theta / 2) = (\lambda_0 / 2 n d) (m_0 - m)$$

が得られる。角度θが比較的小さな角度の場合は、 $\sin (\theta / 2) = \theta / 2$ と近似でき、これを(3)式に代入して整理すると、

$$【数4】 \theta^2 = (\lambda_0 / n d) (m_0 - m)$$

となる。

【0014】ここで、図9(b)に示すように干渉縞(C)の中心からの距離をrとすれば、集光レンズ4の焦点距離はfであるから、

【数5】

(C)の半径r<sup>2</sup>に比例していることを示している。

従って、干渉縞の半径の2乗を正しく求めることが出来れば、被検出光の波長を正確に求め得る。

【0018】次に、本発明について説明する。図2には、ラインセンサ5で測定される干渉縞の波形を示し、横軸には干渉縞の位置を、縦軸には光強度を示す。干渉縞のピーク位置をそれぞれX<sub>1</sub>およびX<sub>2</sub>とすると干渉縞の半径rは、

$$【数11】 r = (X_2 - X_1) / 2$$

となる。

【0019】また、上記のファブリペロ干渉計(モニタエタロン)の原理に示すごとく、エタロンにより発生した干渉縞の半径rから計算される波長λは次のように表される。

$$【数12】 \lambda f = \lambda_0 - FSR \cdot r^2 / c$$

従って、式(12)より干渉縞の半径rから被検出光の細かな波長の変化を計算できる。一方、角度分散素子によって干渉縞の中心位置Sも波長によって変化する。干渉縞の中心位置Sは、

$$【数13】 S = (X_2 + X_1) / 2$$

となる。

【0020】角度分散素子の角度分散をαとすると、こ

れにより求められる波長 $\lambda_c$ は次のように表される。

$$\text{【数14】 } \lambda_c = \lambda_{co} + (S_o - S) f / \alpha$$

ただし、 $\lambda_{co}$ は $S = S_o$ の時の波長

そして、式(14)により干渉縞の中心位置 $S$ から被検出光の荒い波長の変化を検出することができる。これら、 $\lambda_f$ と $\lambda_c$ を比較検討して、被検出光の波長を計算してもとめている。(図7)

#### 【0021】

【実施例】以下に、本発明に係わる波長検出装置の実施例につき、図面を参照して詳細に説明する。図3は本発明に係わる波長検出装置の第1実施例を示す構成図である。図1と同一部品には同一符号を付して説明は省略する。

【0022】図3では図1に比較すると、エタロン2と集光レンズ4との間の角度分散素子としてプリズム11を配置した場合の実施例である。被検出光は拡散板1を透過して散乱される。この散乱した光はエタロン2a、2bに入射して、被検出光の波長に対応する角度の光が透過して、プリズム7に入射する。それらの光はプリズム7で屈折されて、被検出光に対応する波長の角度でプリズム7を透過する。そして、これらの光は集光レンズ4を透過して、焦点面に干渉縞(C)を発生する。この干渉縞(C)に基づいて被検出光の波長を計算している。

【0023】図4は本発明に係わる波長検出装置の第2実施例を示す構成図である。図1と同一部品には同一符号を付して説明は省略する。図4ではエタロン2と集光レンズ4の間に透過型のグレーディング8を配置した場合の実施例を示す。透過型グレーディング8は波長によって回折角が異なるため波長に対する角度分散素子となる。

【0024】図5は本発明の波長検出装置を使って狭帯域レーザの波長制御した例を示す。図5において、レーザチャンバ21には図示しないレーザ媒質とこのレーザ媒質の励起手段とにより発振したレーザ光を出力するウィンドウが、また、レーザチャンバ21の前側(図示の上側)にはフロントミラーが、後側には狭帯域化ユニット30が設けられ、出力するレーザ光を狭帯域化して出力している。出力するレーザ光側には、レーザ光の波長を検出するビームスプリッタ23が配設されている。

【0025】狭帯域化ユニット30は図示しないエタロンまたはグレーティング等の波長選択素子31から構成されている。狭帯域化ユニット30の波長選択素子31は、波長を制御する波長コントローラ40からの指令により駆動するドライバ50に連結され、出力するレーザ光の波長を変えている。波長コントローラ40は、ドライバ50と、ビームスプリッタ23に接続される波長検出装置10に接続されている。波長コントローラ40はサンプル光の波長を計算するとともに、ドライバ50には波長選択素子31を駆動し出力するレーザ光の波長を

変える信号を出力する。また、波長コントローラ40には、波長検出装置10からはサンプルし検出された波長の信号が入力される。

【0026】波長検出装置10は、第2実施例と同様に角度分散素子として透過型のグレーディング8を配置した場合の実施例であり、エタロン2と集光レンズ4との間にビームスプリッタ11を配設している。ビームスプリッタ11を透過したサンプル光はグレーディング8より、再度ビームスプリッタ11を経て集光レンズ4を透過して、焦点面のラインセンサ5に干渉縞(C)を発生する。

【0027】上記において、次に作動について説明する。波長選択素子31により狭帯域化されてエキシマレーザのレーザ光は出力される。そしてこの出力レーザ光をビームスプリッタ23によりサンプルされ、拡散板1に入射透過し、散乱される。その散乱光はエタロン2a、2bを透過し、さらにビームスプリッタ11も透過して反射型のグレーディング8に入射し、入射角と略同じ角度で回折する。再び、ビームスプリッタ11に入射して今度は反射した光を集光レンズ4に入射透過させて、この集光レンズ4の焦点面に干渉縞をラインセンサ5により検出する。そして、波長コントローラ40は干渉縞に基づいてサンプル光の波長を計算し、設定波長となるように狭帯域ユニット30の中にある波長選択素子31のドライバ50を制御し、選択波長となるようにしている。

【0028】図6は波長コントローラが行うフローチャート例を示す。まず、レーザが発振したか、否かを確認して、レーザが発振したことを確認する(ステップ101)。次に、ラインセンサ5により干渉縞(C)を検出する(ステップ102)。そして、干渉縞の半径 $r$ を式(11)  $r = (X_2 - X_1) / 2$ により、干渉縞の中心位置 $S$ を式(13)  $S = (X_2 + X_1) / 2$ により計算する(ステップ103)。干渉縞の中心位置 $S$ から波長 $\lambda_c$ を式(14)  $\lambda_c = \lambda_{co} + (S_o - S) f / \alpha$ により計算する(ステップ104)。

【0029】次に、干渉縞の半径 $r$ から波長 $\lambda_f$ を式(12)  $\lambda_f = \lambda_o - FSR \cdot r^2 / c$ により計算する(ステップ105)。そして波長 $\lambda_c$ と波長 $\lambda_f$ から発振波長 $\lambda$ を計算するサブルーチンに入り $\lambda$ を計算する(ステップ106)。次に設定波長 $\lambda_t$ との差 $\Delta\lambda$ を式  $\Delta\lambda = \lambda_t - \lambda$ より計算する(ステップ107)。そして、狭帯域化ユニットの中にある波長選択素子の選択波長を $\Delta\lambda$ シフトさせる(ステップ108)。そしてスタート時点に戻り、この作業を繰り返す。

【0030】図7に $\lambda_c$ と $\lambda_f$ から発振波長 $\lambda$ を計算するサブルーチンの例を示す。まず、 $\lambda_c$ と $\lambda_f$ の差の絶対値が使用したエタロンのフリースペクトラルレンジ(FSR)の2分の1よりも小さいか、否かを判断する(ステップ201)。YESの場合には、ステップ20

7

2に行き、 $\lambda = \lambda f$ として、ステップ203でステップ107にリターンされる。一方、ステップ201でNOの場合は $\lambda c$ と $\lambda f$ の大小が判断される(ステップ204)。

【0031】ここで、 $\lambda c$ が $\lambda f$ より小さい場合は、ステップ205に行き、 $\lambda f = \lambda f + FSR$ として、ステップ201に行きスタートに戻る。一方、 $\lambda c$ が $\lambda f$ より大きい場合は、ステップ206に行き、 $\lambda f = \lambda f - FSR$ としてステップ201に行きスタートに戻る。このような計算を繰り返して発振波長 $\lambda$ を計算する。

【0032】

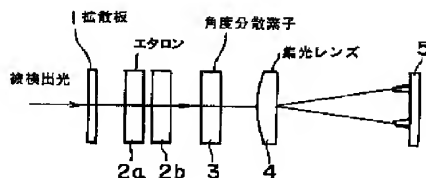
【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、検出された一つの干涉縞の半径により被検出光の細かな波長の変化を検出し、干涉縞の中心位置により被検出光の粗い波長の変化を検出することにより、被検出光の波長を計算しているため、干涉縞の検出および波長の計算に要する時間が短くなり、高速制御に対応できる。さらに、コンパクトで安価となる。従って、本発明の波長制御装置を搭載した狭帯域エキシマレーザ装置は縮小投影露光装置用の光源として最適なものとなる。

【図面の簡単な説明】

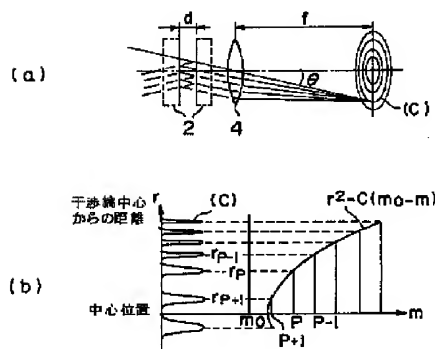
【図1】本発明に係わる波長検出装置の原理を説明する図である。

【図2】ラインセンサ5で測定される干涉縞の波形を示し、横軸には干涉縞の位置を、縦軸には光強度を示す図である。

【図1】



【図9】



8

【図3】本発明に係わる波長検出装置の第1実施例の構成図である。

【図4】本発明に係わる波長検出装置の第2実施例の構成図である。

【図5】本発明の波長検出装置を使った狭帯域レーザの波長制御した実施例の構成図である。

【図6】本発明の波長コントローラの制御のフローチャート図である。

【図7】本発明の制御のサブルーチンのフローチャート図である。

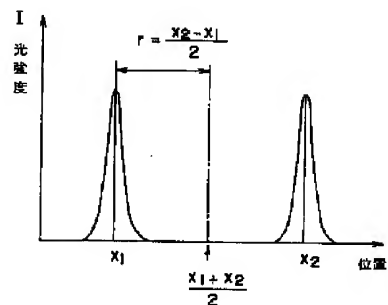
【図8】従来の波長検出装置の構成図である。

【図9】ファブリペロ干涉計(モニタエタロン)の原理を示す図である。

【符号の説明】

- |    |          |
|----|----------|
| 1  | 拡散板      |
| 2  | エタロン     |
| 3  | 角度分散素子   |
| 4  | 集光レンズ    |
| 5  | ラインセンサ   |
| 7  | プリズム     |
| 8  | グレーディング  |
| 10 | 波長検出装置   |
| 30 | 狭帯域化ユニット |
| 40 | 波長コントローラ |
| 50 | ドライバ     |

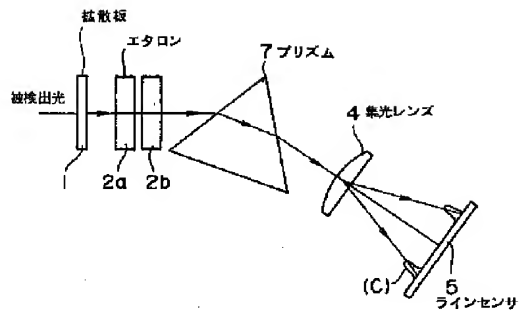
【図2】



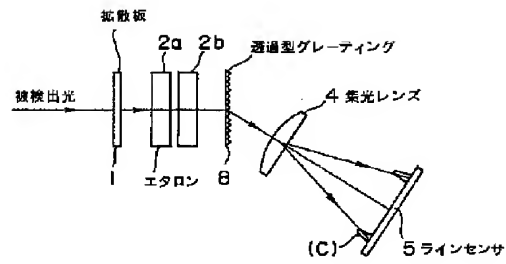
干涉縞の半径  $r = \frac{x_2 - x_1}{2} \rightarrow \text{fine の波長}$

干涉縞の中心位置  $S = \frac{x_1 + x_2}{2} \rightarrow \text{コースの波長}$

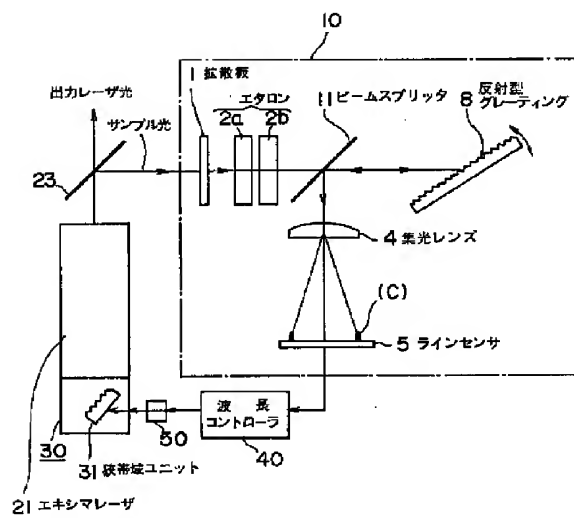
【図3】



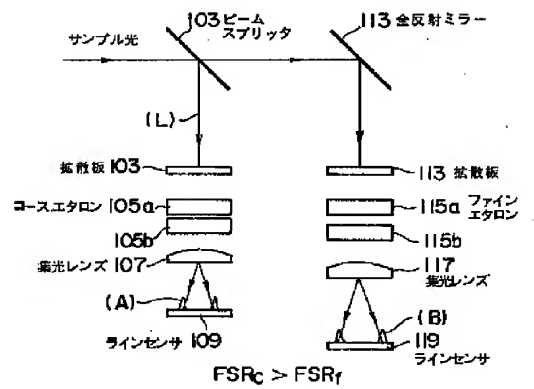
【図4】



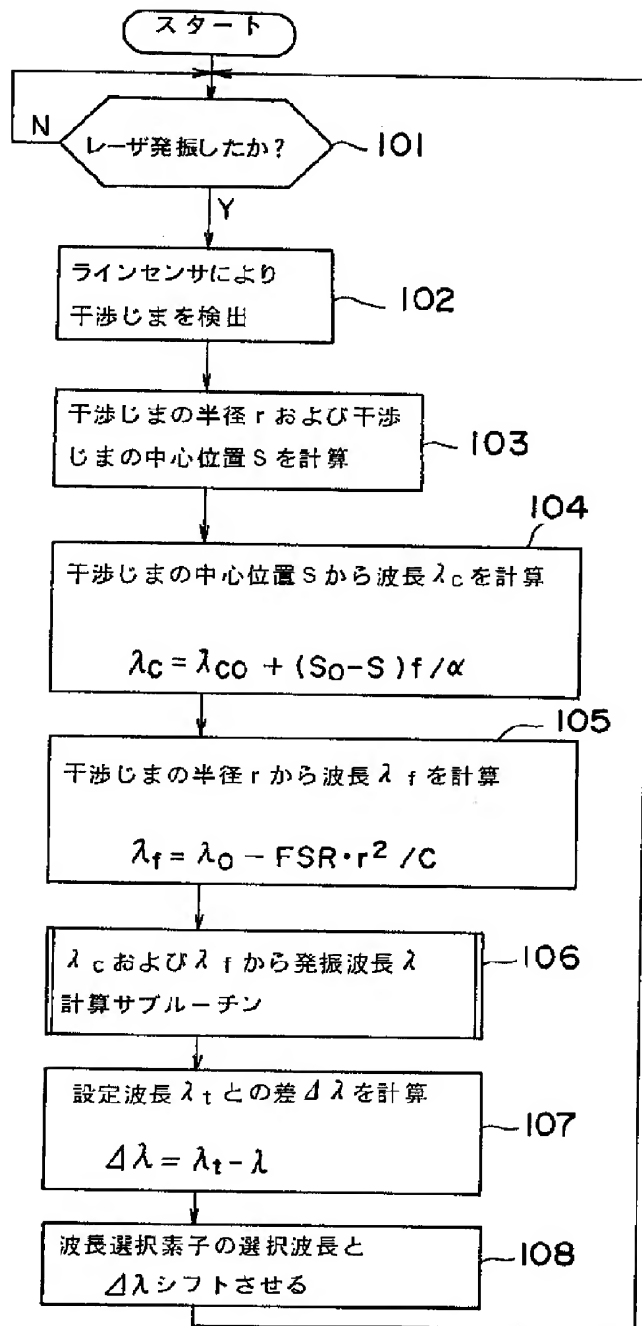
【図5】



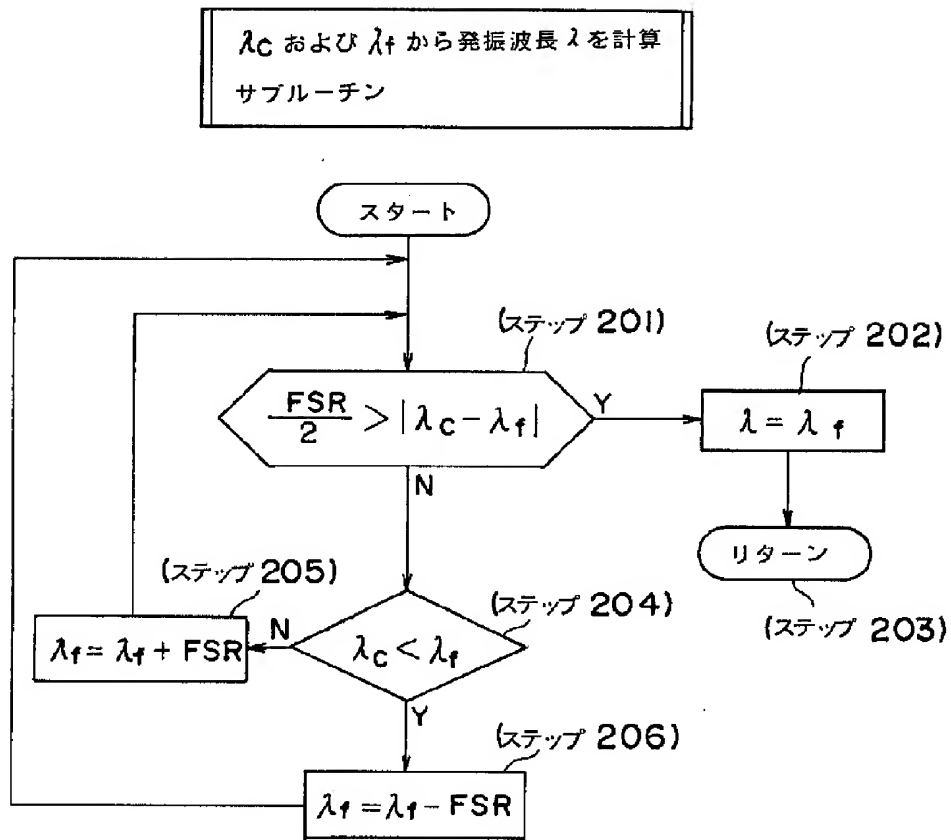
【図8】



【図6】



【図7】





## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 61086086  
PUBLICATION DATE : 01-05-86

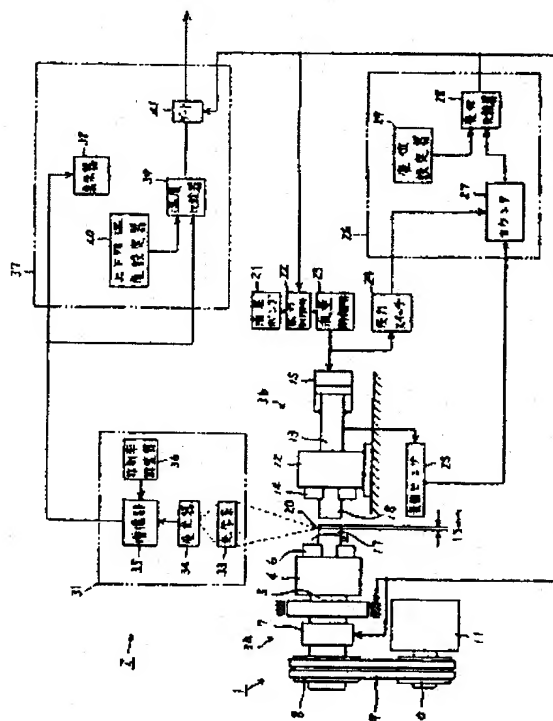
APPLICATION DATE : 03-10-84  
APPLICATION NUMBER : 59207477

APPLICANT : SANMEI DENKI KK;

INVENTOR : TAKAHASHI TSUNEJI;

INT.CL. : B23K 20/12

TITLE : JOINT PLACE DISCRIMINATING  
METHOD OF MATERIAL IN FRICTION  
PRESSURE WELDING METHOD



ABSTRACT : PURPOSE: To execute a joint in a state that the dimension and quality of a material are correct, by executing an operation of friction pressure welding, and thereafter, measuring a temperature of a measuring point for decision use, and deciding that a joint place of the material is correct, in case when the temperature conforms with a temperature determined in advance.

CONSTITUTION: When the first material 17 is rotated and the second material 18 advances toward it, and the tip of the material 18 contacts the tip of the material 17, a thrust of a hydraulic cylinder 15 is raised. As for a contact part of the materials 17, 18, the contact part is melted by a friction head, and when an approach allowance of the material 18 becomes a prescribed dimension, the rotation of the material 17 is stopped, and a thrust of the material 18 is raised to an upset thrust. Only in case when a butted molten part of the materials 17, 18 arrives at a measuring point 20, and a temperature of its part is within a temperature range determined in advance, it is outputted as a result of good decision, and in other case, it is outputted as a result of negative decision.

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio